

이 장에서 사용되는 MATLAB 명령어들은 비교적 복잡하므로 MATLAB 창에서 명령어를 직접 입력하지 않고 확장자가 m 인 text 파일을 작성하여 실행을 한다. 즉, test.m 과 같은 text 파일을 만들어서 MATLAB 프로그램을 작성한 후 실행을 한다. 이와 같이 하면 길고 복잡한 MATLAB 프로그램을 작성하여 실행할 수 있고, 오류가 발생하거나 수정이 필요한 경우 손쉽게 수정하여 실행할 수 있는 장점이 있으며, 추후 사용을 위하여 보관할 수 있다.

컴퓨터 예제 7-1

보드 선도를 그리기 위한 MATLAB 프로그램은 다음과 같다. 보드 선도를 그리기 위한 데이터를 행렬 변수에 담기 위해서

```
[mag,phase]=bode(sys(k),w);
```

의 명령이 사용된다. 위와 같이 하면, mag와 phase의 변수에 각각 크기와 위상의 값이 저장된다. 이때, 보드 선도 그림은 그리지 않는다. 또한, w의 변수에 주파수 값을 넣어서 bode 명령어를 사용하면 계산을 위한 주파수 값을 지정할 수 있다.

MATLAB program-----

```
clf
N=1001;
w=logspace(-1,2,N);

sys(1)=tf(100*[1],[1 1 0]);
sys(2)=tf(100*[0.1 1],[1 1 0]);
sys(3)=tf(100*[0.2 1],[1 1 0]);
sys(4)=tf(100*[0.05 1],[1 1 0]);

for k=1:4
[mag,phase]=bode(sys(k),w);

for i=1:N
    mag_bode(i)=20*log10(mag(i));
    phase_bode(i)=phase(i);
end

subplot(2,1,1)
semilogx(w, mag_bode,'-b','LineWidth',3);
axis([.1 100 -40 60])
set(gca,'GridLineStyle','-','FontName','times','FontSize',18)
set(gca,'ytick',[-60 -40 -20 0 20 40 60])
xlabel('\omega (rad/sec)');
ylabel('Magnitude (dB)')
grid on;
hold on

subplot(2,1,2)
```

```

semilogx(w, phase_bode, '-b', 'LineWidth', 3);
axis([.1 100 -180 -90])
set(gca, 'GridLineStyle', '-', 'FontName', 'times', 'FontSize', 18)
set(gca, 'ytick', [-180 -150 -120 -90])
xlabel('\omega (rad/sec)');
ylabel('Phase (degree)')
grid on;
hold on

[gm, pm]=margin(sys(k))
end

hold off

```

계단 응답을 그리기 위한 MATLAB 프로그램은 다음과 같다. 아래에서 페루프 시스템을 구하기 위하여

```
h=feedback(K*tf([1],[1 1 0]),1)
```

의 명령어가 사용되었다. 즉, 위의 명령어는 그림 7-1의 시스템에서

$$D(s) = K, G(s) = \frac{1}{s(s+1)}, H(s) = 1$$

인 경우의 페루프 시스템을 구해준다.

MATLAB Program

```

clf

K=100

h=feedback(K*tf([1],[1 1 0]),1)
[y1,t1]=step(h,10);

h=feedback(K*tf([0.1 1],[1 1 0]),1)
[y2,t2]=step(h,10);

plot(t1,y1,'-k',t2,y2,'-b','LineWidth',3);

axis([0 10 0 2])

set(gca, 'GridLineStyle', '-', 'FontName', 'times', 'FontSize', 18)
xlabel('Time(sec)');
ylabel('Output')
grid;

```

컴퓨터 예제 7-2

진상 제어를 설계하기 위한 MATLAB 프로그램은 다음과 같다. 아래의 프로그램에서 제어기를 포함한 시스템의 전달 함수를 구하기 위해서

```
sys(2)=tf(100*[T 1],conv([alpha*T 1],[1 1 0]));
```

의 명령어가 사용되었다. 위의 명령어에서 conv 는 두 개의 다항식을 곱해서 얻어지는 다항식을 구하는 명령어이다. 즉,

```
conv([alpha*T 1],[1 1 0])
```

은 $(\alpha Ts + 1)(s^2 + s)$ 의 다항 식을 계산하는 명령어이다.

진상 제어를 설계하기 위해서 $\alpha = 0.13$ 를 정한 후, ω_{\max} 에서 진상 제어기의 크기 값을 계산하면, $0.5 \times 20 \log_{10}(1/\alpha) = 9dB$ 이다. 개루프 전달 함수 $D(s)G(s)$ 의 크기 보드 선도가 $-9dB$ 의 값을 갖는 주파수를 찾기 위하여 보드 선도 그림을 이용하면 정확한 값을 찾기가 어렵다. 따라서,

```
[w' mag_bode' phase_bode'];
```

의 명령어에서 ; 을 제거한 후 실행하면 주파수, 크기, 위상 값을 화면에 보여준다. 데이터 개수 N을 크게 하면, 비교적 정확한 값을 찾을 수 있으며, 이와 같이 하여 $\omega_{\max} = 16.7(rad/sec)$ 을 찾을 수 있다.

MATLAB program-----

```
clf
N=1001;
w=logspace(-1,2,N);
T=0.17;
alpha=0.13;
atan((1-alpha)/(2*sqrt(alpha)))*180/pi
10*log10(1/alpha)
sys(1)=tf(100*[1],[1 1 0]);
sys(2)=tf(100*[T 1],conv([alpha*T 1],[1 1 0]));

for k=1:2
[mag,phase]=bode(sys(k),w);

for i=1:N
mag_bode(i)=20*log10(mag(i));
```

```

    phase_bode(i)=phase(i);
end
[w' mag_bode' phase_bode'];
subplot(2,1,1)
semilogx(w, mag_bode, '-b', 'LineWidth', 3);
axis([.1 100 -40 60])
set(gca, 'GridLineStyle', '-', 'FontName', 'times', 'FontSize', 18)
set(gca, 'ytick', [-60 -40 -20 0 20 40 60])
xlabel('\omega (rad/sec)');
ylabel('Magnitude (dB)')
grid on;
hold on

subplot(2,1,2)
semilogx(w, phase_bode, '-b', 'LineWidth', 3);
axis([.1 100 -180 -90])
set(gca, 'GridLineStyle', '-', 'FontName', 'times', 'FontSize', 18)
set(gca, 'ytick', [-180 -150 -120 -90])
xlabel('\omega (rad/sec)');
ylabel('Phase (degree)')
grid on;
hold on

[Gm, Pm, Wcg, Wcp]=margin(sys(k))
end

```

hold off

계단 응답을 그리기 위한 MATLAB 프로그램은 다음과 같다.

MATLAB Program-----

```

clf

K=100
T=0.17;
alpha=0.13;

h=feedback(tf(K*[T 1],conv([alpha*T 1],[1 1 0])),1)
[y2,t2]=step(h,10);

plot(t2,y2, '-b', 'LineWidth', 3);

axis([0 10 0 2])

set(gca, 'GridLineStyle', '-', 'FontName', 'times', 'FontSize', 18)
xlabel('Time(sec)');
ylabel('Output')
grid;

```

컴퓨터 예제 7-3

이 예제에서는 두 단으로 구성된 진상 제어기를 설계한다. 먼저, 진상 제어기를 한 개 설계한 후, 이 제어기를 제어 대상 시스템에 포함 하여 진상 제어기를 한 개 추가한다. MATLAB 프로그램은 다음과 같다.

MATLAB Program-----

```
num=10;
den=conv([0.2 1],[1 1 0])

% Original system

w=logspace(-1,2,200);
[mag,phase]=bode(num,den,w);
[gm,pm,wcg,wcp]=margin(mag,phase,w)
figure(1)
margin(tf(num,den))

% Design the first lead controller

phimax=55;
alpha=(1-sin(pi*phimax/180))/(1+sin(pi*phimax/180))
10*log10(1/alpha)

[w' 20*log10(mag) phase ]

wmax=4.73;
T=1/(wmax*sqrt(alpha))
num1=[T 1];
den1=[T*alpha 1];

num=conv(num1,num);
den=conv(den1,den);
[mag,phase]=bode(num,den,w);
[gm,pm,wcg,wcp]=margin(mag,phase,w)
figure(2)
margin(tf(num,den))

u=linspace(1,1,200);
t=linspace(0,5,200);
[y]=lsim(feedback(tf(num,den),1),u,t);
figure(3)
plot(t,y);
grid on

% Design the second lead controller

phimax=32;
alpha=(1-sin(pi*phimax/180))/(1+sin(pi*phimax/180))
10*log10(1/alpha)
```

```
[w' 20*log10(mag) phase ]

wmax=6.73;
T=1/(wmax*sqrt(alpha))
num1=[T 1];
den1=[T*alpha 1];

num=conv(num1,num);
den=conv(den1,den);
[mag,phase]=bode(num,den,w);
[gm,pm,wcg,wcp]=margin(mag,phase,w)
figure(4)
margin(tf(num,den))

u=linspace(1,1,200);
t=linspace(0,5,200);
[y]=lsim(feedback(tf(num,den),1),u,t);
figure(5)
plot(t,y);
grid on
```



컴퓨터 예제 7-4

보드 선도를 그리기 위한 MATLAB 프로그램은 다음과 같다.

MATLAB Program-----

```
clf
N=1001;
w=logspace(-2,2,N);
K=10;

sys(1)=tf(5*K,[1 6 5]);
Ti=1/0.6;
sys(2)=tf(5*K*[Ti 1],conv([Ti 0],[1 6 5]));
Ti=1/3;
sys(3)=tf(5*K*[Ti 1],conv([Ti 0],[1 6 5]));

for k=1:3
[mag,phase]=bode(sys(k),w);

for i=1:N
    mag_bode(i)=20*log10(mag(i));
    phase_bode(i)=phase(i);
end
[w' mag_bode' phase_bode'];
subplot(2,1,1)
semilogx(w, mag_bode, '-b', 'LineWidth', 3);
axis([.01 100 -40 60])
set(gca, 'GridLineStyle', '-', 'FontName', 'times', 'FontSize', 18)
set(gca, 'ytick', [-60 -40 -20 0 20 40 60])
xlabel('\omega (rad/sec)');
ylabel('Magnitude (dB)')
grid on;
hold on

subplot(2,1,2)
semilogx(w, phase_bode, '-b', 'LineWidth', 3);
axis([.01 100 -180 0])
set(gca, 'GridLineStyle', '-', 'FontName', 'times', 'FontSize', 18)
set(gca, 'ytick', [-180 -135 -90 -45 0])
xlabel('\omega (rad/sec)');
ylabel('Phase (degree)')
grid on;
hold on

[Gm, Pm, Wcg, Wcp]=margin(sys(k))
end

hold off
```

계단 응답을 그리기 위한 MATLAB 프로그램은 다음과 같다.

MATLAB Program-----

```
clf

t=0:0.001:10;
sys(1)=tf(5*K,[1 6 5]);
K=10;
Ti=1/0.6;
sys(2)=tf(5*K*[Ti 1],conv([Ti 0],[1 6 5]));
Ti=1/3;
sys(3)=tf(5*K*[Ti 1],conv([Ti 0],[1 6 5]));

h=feedback(sys(1),1)
[y1]=step(h,t);
h=feedback(sys(2),1)
[y2]=step(h,t);
h=feedback(sys(3),1)
[y3]=step(h,t);

plot(t,y1,'-k',t,y2,'-b',t,y3,'--b','LineWidth',3);

axis([0 5 0 2])

set(gca,'GridLineStyle','-','FontName','times','FontSize',18)
xlabel('Time(sec)');
ylabel('Output')
grid;
```

컴퓨터 예제 7-5

이 예제에서는 지상 제어를 설계한다. MATLAB 프로그램은 다음과 같다.

MATLAB Program-----

```
num=100;
den=conv([1 1],[0.2 1]);

w=logspace(0,3,200);
[mag,phase]=bode(num,den,w);
[gm,pm,wcg,wcp]=margin(mag,phase,w)
figure(1)
margin(num,den)

[w' 20*log10(mag) phase ]

alpha=10^(18.8/20)
T=10/6.75
num1=[T 1];
den1=[T*alpha 1];

num=conv(num1,num);
den=conv(den1,den);
[mag,phase]=bode(num,den,w);
[gm,pm,wcg,wcp]=margin(mag,phase,w)
figure(2)
margin(tf(num,den))

u=linspace(1,1,200);
t=linspace(0,5,200);
[y]=lsim(num,[0 0 num]+den,u,t);
figure(3)
plot(t,y);
grid on
```

컴퓨터 예제 7-6

보드 선도를 그리기 위한 MATLAB 프로그램은 다음과 같다.

MATLAB Program-----

```
clf
N=1001;
w=logspace(-1,2,N);
K=10;

Ti=1/0.6;
sys(1)=tf(5*K*[Ti 1],conv([Ti 0],[1 6 5]));
Ti=1/0.6;Td=1/10;
sys(2)=tf(5*K*conv([Td 1],[Ti 1]),conv([Ti 0],[1 6 5]));

for k=1:2
    [mag,phase]=bode(sys(k),w);

    for i=1:N
        mag_bode(i)=20*log10(mag(i));
        phase_bode(i)=phase(i);
    end
    [w' mag_bode' phase_bode'];
    subplot(2,1,1)
    semilogx(w, mag_bode, '-b', 'LineWidth', 3);
    axis([.1 100 -40 40])
    set(gca, 'GridLineStyle', '-', 'FontName', 'times', 'FontSize', 18)
    set(gca, 'ytick', [-60 -40 -20 0 20 40 60])
    xlabel('\omega (rad/sec)');
    ylabel('Magnitude (dB)')
    grid on;
    hold on

    subplot(2,1,2)
    semilogx(w, phase_bode, '-b', 'LineWidth', 3);
    axis([.1 100 -180 0])
    set(gca, 'GridLineStyle', '-', 'FontName', 'times', 'FontSize', 18)
    set(gca, 'ytick', [-180 -135 -90 -45 0])
    xlabel('\omega (rad/sec)');
    ylabel('Phase (degree)')
    grid on;
    hold on

    [Gm, Pm, Wcg, Wcp]=margin(sys(k))
end
hold off
```

계단 응답을 그리기 위한 MATLAB 프로그램은 다음과 같다.

MATLAB Program-----

```
clf

t=0:0.001:10;

K=10;
Ti=1/0.6;
sys(1)=tf(5*K*[Ti 1],conv([Ti 0],[1 6 5]));
Ti=1/0.6;Td=0.1;
sys(2)=tf(5*K*conv([Td 1],[Ti 1]),conv([Ti 0],[1 6 5]));

h=feedback(sys(1),1)
[y1]=step(h,t);
h=feedback(sys(2),1)
[y2]=step(h,t);

plot(t,y1,'--k',t,y2,'-b','LineWidth',3);

axis([0 5 0 2])

set(gca,'GridLineStyle','-','FontName','times','FontSize',18)
xlabel('Time(sec)');
ylabel('Output')
grid;
```

컴퓨터 예제 7-7

진상 제어기와 지상 제어를 함께 설계하기 위한 MATLAB 프로그램은 다음과 같다.

MATLAB Program-----

```
num=100;
den=conv([1 1],[0.2 1]);

w=logspace(0,3,200);
[mag,phase]=bode(num,den,w);
[gm,pm,wcg,wcp]=margin(mag,phase,w)
figure(1)
margin(num,den)

[w' 20*log10(mag) phase ]

alpha=10^(18.8/20)
T=10/6.75
num1=[T 1];
den1=[T*alpha 1];

num=conv(num1,num);
den=conv(den1,den);
[mag,phase]=bode(num,den,w);
[gm,pm,wcg,wcp]=margin(mag,phase,w)
figure(2)
margin(tf(num,den))

u=linspace(1,1,200);
t=linspace(0,10,200);
[y]=lsim(feedback(tf(num,den),1),u,t);
figure(3)
plot(t,y);
grid on

% Design lead controller

phimax=35;
alpha=(1-sin(pi*phimax/180))/(1+sin(pi*phimax/180))
10*log10(1/alpha)

[w' 20*log10(mag) phase ]

wmax=10;
T=1/(wmax*sqrt(alpha))
num1=[T 1];
den1=[T*alpha 1];

num=conv(num1,num);
den=conv(den1,den);
[mag,phase]=bode(num,den,w);
[gm,pm,wcg,wcp]=margin(mag,phase,w)
figure(4)
```

```
margin(tf(num,den))

u=linspace(1,1,200);
t=linspace(0,10,200);
[y]=lsim(feedback(tf(num,den),1),u,t);
figure(5)
plot(t,y);
grid on
```

